

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Engenharia Eletrônica

Sistema de Monitorização Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT

Autor: Áleff Antônio da Silva Oliveira
Orientador: Professor José Felício da Silva

Brasília, DF
2018



Áleff Antônio da Silva Oliveira

Sistema de Monitorização Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Professor José Felício da Silva

Brasília, DF

2018

Áleff Antônio da Silva Oliveira

Sistema de Monitorização Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT / Áleff
Antônio da Silva Oliveira. – Brasília, DF, 2018-
Orientador: Professor José Felício da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2018.

1. Internet das coisas. 2. Monitoramento. I. Professor José Felício da Silva. II.
Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Sistema de Monitorização
Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT

Áleff Antônio da Silva Oliveira

Sistema de Monitorização Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT

Monografia submetida ao curso de graduação
em Engenharia Eletrônica da Universidade
de Brasília, como requisito parcial para ob-
tenção do Título de Bacharel em Engenharia
Eletrônica.

Trabalho aprovado.
Brasília, DF, 10 de Dezembro de 2018:

Professor José Felício da Silva
Orientador

**Professor Luís Filomeno de Jesus
Fernandes**
Convidado 1

Professor Leandro Xavier Cardoso
Convidado 2

**Professor Sergio Ricardo Menezes
Mateus**
Convidado 3

Brasília, DF
2018

*Este trabalho de conclusão de curso é dedicado ao conhecimento onde eu me aventuro e
expando mais ainda meu ser.*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer este trabalho a todos aqueles que acreditaram na minha jornada acadêmica. Especialmente minha família e amigos, que sempre estiveram ao meu lado mostrando como quebrar grandes problemas em partes pequenas e assim resolvê-los. Também, a Universidade de Brasília e seu corpo docente, que pôde mostrar em todos esses anos, a importância do ensino, tanto da teoria quanto da prática. Aos apaixonados pelo que fazem, meus sinceros e cordiais agradecimentos.

Resumo

A Internet das coisas é uma revolução tecnológica a qual conecta diferentes tipos de dispositivos à rede de Internet com a finalidade de armazenar, analisar e compartilhar dados entre eles. O objetivo deste trabalho é implementar um sistema baseado na tecnologia de Internet das coisas com foco na monitorização de pacientes. Com o advento da Internet das coisas, as principais aplicações estão na área de automação residencial, agricultura de precisão, educação, área da saúde, transportes etc. Atualmente, o modelo de saúde suplementar utilizado possui muitos problemas, entre eles é possível citar a superlotação nos serviços de emergência, infecção hospitalar e demora no atendimento. A proposta do sistema está baseada na criação de um protótipo, utilizando *hardware* e *software* para medir, armazenar e enviar sinais através da rede de Internet. Para atingir o objetivo e apresentar resultados, foi utilizado o sistema de oxigenoterapia o qual está relacionado com a fração inspirada de O_2 , o sistema foi melhorado a fim de obter medidas através da *web* utilizando a Internet das coisas. Os resultados obtidos mostram que a prática da monitorização de pacientes é promissora, desde a montagem do protótipo funcional aos testes em rede local foi possível observar a capacidade do sistema em integração com a medida e seu envio para a rede. Também, a utilização de linguagens, tais como C++, Java e Php, e integrando ao microcontrolador ESP8266 encaixou de forma a dar todo suporte e padronização em relação à Internet das coisas. O sistema proposto demonstrou o aumento na sua usabilidade sendo possível analisar diversas medidas dentro da área estudada.

Palavras-chaves: Internet das coisas, monitorização de paciente, microcontroladores.

Abstract

The Internet of Things (IoT) is a revolution which connects devices to the Internet in order to store, analyze and share data. The main purpose of this project is to create a health care monitoring system. There is a wide field of how microcontrollers are being useful for many applications in IoT. These applications are related to house environment, industry, education, social community and health care. Nowadays, there are many issues in the hospital health system, such as, hospital infection, long time waiting for assistance and crowded hospitals. The health care system provides solution to these issues listed, also, patients may improve their lifestyle, habits and the survivor chance. The system purpose is to create a prototype using hardware and software to measure, store and send signals upon the Internet network. As a way to obtain and show results upon the Internet, an oxygen therapy system was used. The main idea was to modify and improve the system to allow the signal sending. The results show that a health care monitoring system is promising. From the the prototype to the real tests in a local host is possible to obtain a good operational system full working. Moreover, programming languages such as C++, Java, Php was helpful applying to the hardware part of the system. Therefore, a health care monitoring system is becoming world wide. It allows a low cost, custom services and the medical assistance needed wherever the patient is. The proposed system shows an improvement when different types of measurements are being used. Then, understading the hardware boundaries and the study application field is possible to assembled more sensors to analyze data.

Key-words: Internet of Things, Monitoring System, microcontrollers.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Gartner Hype Cycle, GARTNET,	17
Figura 2 – Arquitetura E2E, (TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2018)	19
Figura 3 – Sistema de monitoramento remoto, (YANG et al., 2014)	24
Figura 4 – Visão macro do sistema	25
Figura 5 – Sistema de Controle em funcionamento	25
Figura 6 – Placa NodeMCU (microcontrolador)	27
Figura 7 – Motor DC 28BYJ-48	27
Figura 8 – Ponte H - ULN20	28
Figura 9 – Célula de O ₂ - DRAGER 6850645	28
Figura 10 – Medir de fluxo analógico	28
Figura 11 – Programas utilizadas	30
Figura 12 – Aplicações utilizados	30
Figura 13 – Teste realizado com NODEMCU	30
Figura 14 – Funcionamento do dispositivo (POVOA, 2015)	31
Figura 15 – Partes do sistema	31
Figura 16 – Sistema de Controle em funcionamento	32
Figura 17 – Teste realizado	33
Figura 18 – Esquemático da parte eletrônica	40

Lista de tabelas

Tabela 1 – Microcontroladores com aplicações <i>IoT</i> e seus principais aspectos . . .	20
------------------------------------------------------------------------------------------	----

Lista de abreviaturas e siglas

IoT	Internet of Things (Internet das coisas)
WWW	World Wide Web (Rede mundial de computadores)
RFID	Radio-Frequency Identification (Identificação por rádio frequência)
SEH	Serviço de Emergência Hospitalar
E2E	End-2-End system (Sistema terminal a terminal)
Gateway	Computador ou roteador que conectam duas redes

Lista de símbolos

V	Volt - Medida de tensão
A	Amper - Medida de corrente
Ω	Ohm - Medida de resistência
n	Nano (10^{-9})
μ	Micro (10^{-6})
m	Mili (10^{-3})
k	Kilo (10^3)
M	Mega (10^6)
G	Giga (10^9)
T	Tera (10^{12})

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	INTERNET DAS COISAS (IOT)	16
2.1	O começo	16
2.2	Avanços	17
2.3	Tecnologias Utilizadas	18
2.4	O Quadro Nacional	21
3	JUSTIFICATIVA	23
3.1	Modelo de saúde suplementar utilizado	23
3.2	Atendimento domiciliar e Monitoramento remoto	24
4	PROPOSTA DO SISTEMA	25
5	MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1	Sistema de Monitorização de Pacientes	26
5.2	<i>Hardware</i>	26
5.3	<i>Software</i>	29
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1	Implementação do sistema de Oxigenoterapia	31
7	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICES	38
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DE <i>HARDWARE</i>	39
	APÊNDICE B – PARTE ELETRÔNICA	40
	APÊNDICE C – DESENHO TÉCNICO DA ESTRUTURA	41

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno, muito se fala de *Internet of Things* (IoT - Internet das coisas), sua popularidade se deve por conta do crescimento da tecnologia e principalmente da rede mundial de computadores, que em outras palavras é a própria Internet. Sua origem tem relação com os mais diversos dispositivos conectados à rede, do que pessoas de acordo com o Cisco IBSG - Internet Business Solutions Group. Através desse novo passo da humanidade, o mundo IoT está dando um grande salto na capacidade de coleta, análise e principalmente na distribuição de informações prontas para serem processadas e interpretadas. A integração de sistemas inteligentes têm ficado tão vasta que mais de 50 bilhões de dispositivos estarão conectados à rede até 2020 (EVANS, 2011). Esses mesmos dispositivos já estão sendo utilizados em uma infinidade de aplicações, ajudando assim na educação, meio social, segurança, setor produtivo e área da saúde.

O termo IoT é um paradigma tecnológico considerado como a interconexão de dispositivos ou objetos embarcados como sensores/transdutores, os quais, através de uma rede de internet, se comunicam com aplicações e interfaces (KEERTHANA et al., 2017). E para entender melhor como essa tecnologia funciona é importante salientar a diferença entre internet e a *Web* (WWW), enquanto a internet é uma camada ou rede física de cabos interconectados através de *switches*, roteadores, servidores e outros equipamentos, a *Web* atua na camada de aplicação, que transcreve dados e informações. Ou seja, se a internet é uma rede de cabos que conectam um ponto a outro, a Web traduz isso de forma que o usuário entenda e interprete esses dados (EVANS, 2011).

Neste exato momento, há diversos tipos de aplicação IoT que transpassam e impactam a vida dos seres humanos. Dentre essas aplicações podem ser citados os meios de transporte, na adequação de rotas, no tráfego e monitoramento de veículos; casas inteligentes, desde economia de energia à segurança (MANCINI, 2017). Outra aplicação que tem ganhado espaço é na área da saúde, onde profissionais medem os sinais vitais de pacientes para que haja boas práticas e compreensão do quadro clínico dos mesmos. Esses sinais vitais também podem ser analisados através de sistemas IoT, ou seja, utilizando a tecnologia para fazer aquisições de sinais e análises dos mesmos, é possível avaliar diagnósticos conforme as medidas são realizadas.

Atualmente, hospitais de todo o mundo carecem de espaços físicos para cuidar de pacientes que necessitam ser acompanhados e monitorados. Também, há uma carência iminente em relação aos medicamentos que os pacientes utilizam para serem tratados. No sistema de saúde, a fim de manter os pacientes idosos saudáveis e em boas condições, os mesmos devem passar por dois métodos de monitoramento, sendo o primeiro, o moni-

toramento em tempo real de seus sinais vitais, havendo uma cautela no tratamento, e o segundo, a conferência das prescrições médicas adotadas, para não haver dúvidas de que o paciente está seguindo as instruções estabelecidas (YANG et al., 2014). Esse mesmo quadro de pacientes que ficam em casa durante o período pós operatório, ou mesmo pacientes que necessitam de um tratamento contínuo tais como pacientes com doenças neuromotoras, que necessitam de um responsável ou cuidador para auxiliar, e avaliar seu estado diário. Muitas das vezes, esse responsável precisa de informações relevantes para manter o cuidado do paciente, informações estas que podem ser vitais para entender procedimentos futuros e desta forma agir rapidamente em casos críticos (KEERTHANA et al., 2017).

A tecnologia cresce a cada dia, e não há como discutir assuntos similares sem falar sobre segurança da informação. O simples fato de realizar aquisição de sinais vitais e, assim, compreender o funcionamento do organismo de pacientes, é preciso dar importância a esta área. A tecnologia IoT abre espaço para *softwares* compartilharem qualquer tipo de informação atualmente. Tendo isso em vista, a segurança dessas informações não devem ser negligenciadas. Enquanto a utilização de navegadores de internet podem ser invadidos por *hackers* e, os mesmos utilizarem vulnerabilidades desses tipos de sistema para antigrir usuários, os dispositivos integrados com tecnologia IoT podem adquirir dados que compreendam a rotina de seus usuários e até mesmo seu comportamento diário, sendo extremamente necessária uma abordagem na segurança desses tipos de dados (ZHANG et al., 2014).

Muitos métodos são mencionados quando o tema é vulnerabilidade de sistemas em dispositivos dentro da rede de computadores, tais como a aplicação de senhas, identificadores e combinações para evitar que possíveis acessos indevidos aconteçam (ZHANG et al., 2014). Porém, nem sempre esses métodos são eficazes, ainda mais abordando tecnologias que possuem escalabilidade, demanda e interesses mútuos entre empresas. Desta forma, quando se trata de tecnologia aplicada à saúde e com acesso à rede de computadores, é de total responsabilidade abordar temáticas que viabilizam suas aplicações e principalmente seus impactos.

Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é implementar um sistema baseado na tecnologia de Internet das coisas com foco na monitorização de pacientes.

Objetivos Específicos

- Implementação do *hardware* para recepção e análise de dados;
- Implementação do *software* a ser embarcado no *hardware*;

- Criação de um servidor para aquisição dos sinais;
- Aplicação no dispositivo de oxigenoterapia (FIO_2);
- Implementação de um protótipo funcional;

Motivação

O curso de Engenharia Eletrônica sempre foi algo que estimulou e estimula o desenvolvimento de novas ideias para solucionar problemas cada vez mais complexos e desafiadores. A motivação dessa proposta de trabalho vem do interesse em automatizar certas etapas de processos, mecanismos e até mesmo aplicações no meio da engenharia.

A proposta teve início com a utilização de sensores *RFID* (Identificadores de Rádio Frequência) acoplados à um microcontrolador com o intuito de transcrever dados e enviá-los por intermédio de um monitor serial. Obtendo-se resultados satisfatórios houve uma maior dedicação na análise do uso de *RFID* buscando-se aplicações que pudessem solucionar possíveis problemas inerentes ao meio produtivo e social. . A equipe que trabalhou dividiu-se em áreas de *hardware* e *software*, juntos, foi possível realizar a construção de um protótipo portátil o qual faz leitura de cartões e *tags* pelo sensor *RFID* sem a necessidade de estar conectado à rede elétrica.

Após isso, estudou-se com mais afinco a parte de microcontroladores, assim, o mundo da Internet das coisas veio à tona e abriu um novo campo de visão. Entre os trabalhos em Radiação não ionizante (RNI) destaca-se o estudo de radiações de extrema baixa frequência em que são realizadas medições na faixa de 10 Hz a 120 Hz em residências verticais (RABELLO; LEDER; SILVA, 2018). Uma das dificuldades a realização de medições em vários ambientes, e que neste caso levaria muito tempo para realização. A proposta foi então desenvolver sensores portáteis com tecnologia *IoT* incorporada, que realizasse medições de radiações na faixa de frequência acima descrita, portátil a ponto de se conectar à rede de Internet e enviar dados para a nuvem e serem analisados.

Desta forma, a proposta do Sistema de Monitoramento Remoto de Pacientes Utilizando Técnicas IoT tem ganhado espaço nas áreas de saúde e Engenharia (PANG et al., 2015). Aliando tecnologia e área da saúde, é possível prever bons resultados e a solução de muitos problemas enfrentados. Portanto a proposta tenta unir conhecimentos adquirido ao longo desses anos aplicando aos novos conceitos e melhorando técnicas já existentes.

2 Internet das Coisas (IoT)

2.1 O começo

A Internet das coisas, ou *Internet of Things* (IoT) como é normalmente referida, tem impactado em determinadas aplicações no mundo hoje, desde automação residencial, controle de gasto de energia à meios de produção dentro da indústria (EVANS, 2011). A Internet ou rede de computadores é uma das criações que mais trouxe impactos significativos, os quais trouxeram modificações e mudaram a forma de vida do ser humano. Tais mudanças se relacionam com as diversas áreas em que os seres humanos atuam nos dias de hoje, ou seja, na área social, saúde, segurança e educação. A Internet das coisas é uma revolução tecnológica a qual proporciona dispositivos, com capacidade computacional, de se conectarem na rede para controlar objetos e até mesmo fornecer serviços remotos. Ainda de acordo com EVANS (2011), esses mesmos dispositivos, normalmente, têm capacidade de comunicação e processamento juntamente de sensores acoplados. Com o uso dessa nova tecnologia é possível viabilizar a troca de informações, realizar o controle de serviços remotos e melhorar a interação entre pessoas e tecnologia (EVANS, 2011).

De acordo com MANCINI (2017), em meados dos anos 90, John Romkey, foi o responsável pela criação do primeiro dispositivo IoT. Sua ideia era criar uma torradeira que poderia ser acionada pela Internet remotamente. Além de conseguir esse feito, o mesmo apresentou sua criação na *INTEROP '89 Conference*, uma conferência realizada anualmente pela IBM com o objetivo de trocar informações entre as mais variadas tecnologias do futuro para o mercado. O futuro da revolução IoT é conectar todos os dispositivos em volta do mundo à rede mundial de computadores. Essa possibilidade de interconexão será tão natural, que atividades como a configuração de tecnologias, instalação de programas e atualização de recursos computacionais se tornarão imperceptíveis para os seres humanos e, assim, evoluindo cada vez mais (WEISER, 1991).

O termo IoT derivou de uma apresentação do cofundador e diretor executivo do *AUTO-ID center*, uma empresa formada por pesquisadores na área de identificação por rádio frequência. Ashton apresentou um novo modelo de rastreabilidade para sistemas que trabalhavam com *RFID* (ASHTON et al., 2009). E para chamar atenção dos integrantes, o mesmo apresentou a expressão *Internet of Things* explicando que objetos conectados à rede seriam o futuro da inteligência entre os computadores. MANCINI (2017) cita que após 1999 a tecnologia *RFID* se destacou sobre o mercado dos E.U.A, suas principais aplicações eram baseadas na cadeia de abastecimento, ou seja, voltada para controle de estoque. E sua utilização se dá por meio de códigos eletrônicos para identificação de

produtos, automatizando todo o processo, sendo o marco do início do conceito *IoT*.

2.2 Avanços

Após o termo ser consolidado, diversas empresas e ideias para aplicações em *IoT* foram criadas. Em junho de 2000 a empresa LG apresentou uma nova aplicação para a tecnologia, uma geladeira que era gerenciada por um sistema embarcado próprio. Esta geladeira não só refrigerava alimentos, mas também transmitia sinal de TV, onde era possível também ter uma agenda e assistir vídeos (SINGER, 2012). Logo depois, começou-se a discutir mais sobre o termo e observar o quão abrangente o mesmo poderia ser. Ainda de acordo com SINGER (2012) em 2005 *Nabaztag* foi o primeiro objeto inteligente comercializado em larga escala, suas principais funções eram avisar sobre previsão do tempo, ler e-mails e tudo isso conectado à Internet.

A figura 1 mostra a projeção da tecnologia de acordo com as expectativas durante os próximos anos. Em 2009, segundo (EVANS, 2011), haviam mais dispositivos conectados à rede mundial de computadores, como computadores, tablets e *Smartphones* do que seres humanos, sendo este ano considerado o nascimento do *IoT*. Desde 2015, a revolução *IoT* vem crescendo, cerca de 4,9 bilhões de dispositivos estão interligados e em uso. Essa nova era ganhou uma força poderosa na mudança quanto a forma com que os negócios e indústrias interagem (MANCINI, 2017). Atualmente, a revolução *IoT* recebe apoio e suporte da Comissão Europeia (CE) por meio do Programa Horizon 2020, o maior programa de Pesquisa e Inovação da União Europeia (EU), (BASSI et al., 2016) .



Figura 1 – Gartner Hype Cycle, GARTNET,

2.3 Tecnologias Utilizadas

A internet das coisas vem crescendo, e através dessa revolução, objetos e novas formas de interação entre eles estão sendo criados. Essas tecnologias dependem de duas áreas, as quais andam sempre juntas: *software* e *hardware*. Segundo [SOMMERVILLE \(2010\)](#), um sistema de *software* é um sistema imaterial e abstrato, o mesmo não segue as leis da física ou possui alguma propriedade de materiais que seguem padrões. Entretanto, sistema de *software* podem se tornar bastante complexos por não seguirem essas leis e únicos para cada aplicação, exigindo assim estudos aprofundados e metodologias para cada aplicação ([SOMMERVILLE, 2010](#)).

Hardware é toda parte física que compõe qualquer dispositivo, aparelho, máquina ou mecanismo. Diferentemente do *software*, o *hardware* segue padrões e possui limitações, como suas dimensões, temperatura de funcionamento, variação de pressão entre muitos outros. Através do *Hardware* é possível receber e emitir sinais, controlar mecanismos, e principalmente converter sinais analógicos em sinais digitais ou vice-versa ([ASSOCIATION et al., 2016](#)). Ainda que pareçam áreas distintas de acordo com suas definições, *software* e *hardware* trabalham juntos, e para que isso ocorra de maneira eficaz são necessárias técnicas nesse campo que é hoje tão utilizado.

A Internet das coisas revolucionou a forma de interação entre dados digitais, sendo esses dados identificados por objetos físicos conectados à rede de Internet, onde há comunicação e troca de serviços entre eles ([TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2018](#)). Para que isso ocorra é preciso garantir que a natureza de dispositivos conectados tenham serviços E2E¹ (*End-2-End systems*), os quais consistem em uma gama de objetos inteligentes conectados e todos trabalhando com a mesma infraestrutura, como protocolos de redes, taxa de transmissão e sua identificação, ou seja, sem a necessidade de haver objetos intermediários para estabelecer conexão entre eles. Ainda de acordo com [TAIVALSAARI; MIKKONEN \(2018\)](#), o mundo real dos sistemas *IoT* são bem mais complexos que o esperado. Em alguns casos, há mais de milhões, ou até mesmo bilhões de dispositivos interconectados, havendo a necessidade de soluções diferentes para cada sistema integrado.

Segundo [TAIVALSAARI; MIKKONEN \(2018\)](#) os elementos que compõem os dispositivos *IoT* se baseiam em quatro partes distintas, sendo elas os dispositivos propriamente dito, *gateways*, a nuvem e suas aplicações. Cada um tem sua importância e fazem parte de toda essa integração em termos de tecnologia. A figura 2 mostra claramente como esse sistema funciona. Os dispositivos ou objetos são sensores ou atuadores conectados à rede que fazem a coleta dos dados, o *gateway*² é uma ponte que interliga os dispositivos à nuvem através da internet. A nuvem tem uma importância significativa no gerenciamento, coleta e processamento das informações, também, capacidade de armaze-

¹ Sistemas bem definidos de ponta a ponta

² Porta de ligação entre uma máquina e outra

namento, por mais que seja um sistema em nuvem, ainda sim há limitações. A aplicação é a visualização desses sinais, ou seja, é um *software* capaz de traduzir todos esses dados. Normalmente são projetados através da web e podem ser integrados à *smartphones*, tablets, e computadores no geral (TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2018).

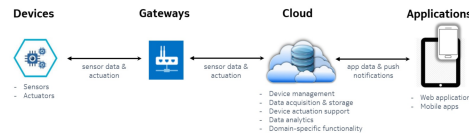


Figura 2 – Arquitetura E2E, (TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2018)

Para que ocorra transmissão de dados com menor tempo de espera, ou até mesmo sem perda de sinal, é necessário que a conexão de Internet tenha altas taxas de transmissão e recepção. Quando aborda-se velocidade de conexão é imprescindível abordar arquiteturas de redes que estabeleçam conexões ágeis e funcionais. Além disso, segundo ROSA et al. (2017), a utilização da rede para aplicação em Internet das coisas tem alguns fatores que devem ser levados em consideração, sendo eles a capacidade de longo alcance, o envio de dados e o baixo consumo de energia. Isto porquê, as redes mais comuns aplicadas são redes móveis, as quais fazem parte das redes de celulares, para desta forma não ser necessário a utilização de um equipamento intermediário como um roteador por exemplo (ROSA et al., 2017).

Atualmente, a rede mais utilizada é a rede de terceira geração (3G), sua implementação começou em 2001, sua infraestrutura tem uma maior área de cobertura e oferece uma taxa de transmissão de dados o qual atende muitas aplicações *IoT*, normalmente sua velocidade varia entre 5 a 10 *Mbits* por segundo. Apesar disso, a rede 3G torna-se inviável por apresentar módulos que requer um consumo elevado de potência. A rede de quarta geração (4G), implementada em 2011, ainda está concentrada principalmente nas zonas costeiras e em grandes centros urbanos, o que dificulta bastante o acesso de dispositivos *IoT* em indústrias e até mesmo na agricultura, sua principal modificação foi na taxa de transmissão que varia entre 100 *Mbits* a 1 *Gbits* por segundo (ROSA et al., 2017). A rede de quinta geração (5G), seguindo o mesmo padrão de implementação, deve ser implantada até 2020 e seu principal desempenho será em termos de capacidade de transmissão de dados, latência, eficiência espectral e principalmente focando o menor consumo de energia, tendo como estimativa ser 90% mais eficiente do que a rede 4G, sua velocidade de transmissão pode chegar até 1 *Tbit* por segundo (RIBEIRO, 2016).

Segundo TAIVALSAARI; MIKKONEN (2018) dispositivos com arquiteturas E2E podem atuar com sistemas operacionais em tempo real, ou simplesmente com objetos que executam funções pré adaptadas. Para isso, é preciso definir o tipo de aplicação desejada para garantir o melhor funcionamento, eficiência e principalmente o baixo consumo de energia.

Um dos avanços tecnológicos que vieram contribuir om as varias aplicações em que se deseja um excelente funcionamento, eficiência baixo consumo e integração de sensores e atuadores foi o avanço na área de microcontroladores. O uso destes com sensores e atuadores tem permitido o avanço em aplicações em diversas setores. A tabela 1 apresenta alguns dos microcontroladores mais utilizados, esses dispositivos podem ser programados com tarefas de baixa complexidade, como controlar interruptores, termostatos, tranca de portas, até tarefas mais complexas, como processar imagens ou controlar motores. Desta forma, é preciso definir o objetivo do sistema a ser implementado, considerando seus fatores limitantes, como memória, precisão, necessidade de trabalho em tempo real, grau de complexidade e aplicação (TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2018).

Dispositivo	Arquitetura	Protocolo de comunicação	Memória	Linguagem	Consumo de energia	Preço (U\$)
 TESSEL 2	48 MHz Atmel 12 bits	GPIO UART I2C SPI	64 Mb RAM 32 Mb flash	JavaScript	Baixo	50,00
 ARDUINO	16 MHz Atmel 8 bits	GPIO UART I2C SPI	32 kb flash 2 kb SRAM 1 kb EEPROM	.ino	Médio	10,00
 Esprimo	84 MHz ARM Cortex 8 bits	GPIO I2C SPI	384 kb flash 96 kb RAM	JavaScript	Baixo	40,00
 ESP8266	80 MHz Xtensa 8 bits	GPIO I2C	96 kb flash 64 kb RAM	.lua	Baixo	10,00
 RaspberryPi	1 GHz ARM Cortex 12 bits	USB GPIO SPI	512 Mb RAM	C Python	Alto	40,00
 Carambola 2	400 MHz AR9331 10 bits	USB GPIO	16 Mb Flash 64 Mb RAM	C Python JavaScript .lua	Médio	43,00
 Omega2	580 MHz MIPS 16 bits	USB SPI I2C GPIO USB	16 Mb Flash 64 Mb RAM	Python JavaScript	Baixo	15,00

Tabela 1 – Microcontroladores com aplicações *IoT* e seus principais aspectos

2.4 O Quadro Nacional

Quando conceitos de IoT são abordados e suas expectativas criadas, é preciso trazer à tona a realidade brasileira. Segundo [SILVA et al. \(2016\)](#) o cenário nacional encontra-se defasado em questões de conectividade na rede quando comparado a outros países. Isto porque, a distribuição de antenas pelo país é demasiadamente baixa, e também, pouco uso do espectro de frequência, acarretando assim no baixo desempenho quando o volume de dados ultrapassa seu limite. Há ainda a questão de infraestrutura, onde o sistema de rede móvel mais utilizado é a rede 4G nos principais centros urbanos como já visto. Os sistemas *IoT* para o quadro brasileiro se tornarão mais íntegros e eficientes conforme evolução da tecnologia e aplicação da rede 5G no país ([SILVA et al., 2016](#)).

Há também questões relacionadas ao investimento de empresas no país e o problema da infraestrutura. Empresas pioneiras tentam se enquadrar no cenário atual, porém enfrentam problemas como a falta de cabeamento, equipamentos que não suprem a demanda de informações, e, até mesmo, a velocidade de conexão. Além disso, essas mesmas empresas que querem contribuir com o desenvolvimento econômico do país, acabam esbarrando em questões de regulamentação, que nem sempre é ágil por conta da burocracia, e também, a não predisposição de indústrias em entrar em um novo modelo de negócio para mudar a forma de produção no contexto *IoT* ([SILVA et al., 2016](#)).

O Brasil continua sendo uma potência na agricultura e mesclando tecnologia com o setor primário nasce um novo cenário, a agricultura de precisão. Segundo [ROSA \(2017\)](#), através de um questionário aplicado na região do Rio Grande do Sul, alguns engenheiros agrônomos trouxeram a visão da agricultura inteligente e como isso pode afetar diretamente o meio de produção. A ideia de obter resultados elevados com a melhor utilização de matéria-prima, execução de práticas agrícolas conforme necessidade, retorno econômico alto e com um impacto ambiental baixo é bastante interessante para o país ([ROSA, 2017](#)).

Segundo [ROSA \(2017\)](#), a agricultura de precisão traz novas perspectiva no âmbito tecnológico para os engenheiros agrônomos. No entanto, há uma percepção sobre questões restritivas no cenário brasileiro. Questões levantadas estão relacionadas com a falta de conhecimento no assunto, o não suporte e principalmente o alto custo para aplicação da tecnologia. Ainda que seja um assunto recente, é preciso se adequar as técnicas *IoT* para que o futuro chegue, além disso, visando um contexto prático, as ferramentas que são responsáveis pelo gerenciamento e monitoramento resultariam numa melhor tomada de decisão do próprio agricultor, melhorando significativamente sua produtividade ([ROSA, 2017](#)).

Com tantos ganhos com a aplicação da tecnologia IoT é possível prever também como o Brasil pode se preparar para se adequar e evoluir na área da saúde. A ideia de

prever alterações no sistema fisiológico de pacientes, redução de custos e principalmente adequar tratamentos através da telemedicina é muito promissora para esse contexto, pois conforme dispositivos estão conectados à internet, os dados aumentam, e desta forma, a eficiência na forma como análises clínicas são feitas tendem a melhorar (BRITO, 2017). Ainda conforme BRITO (2017), aparelhos auditivos, relógios, pulseiras conectados à rede, ampliam mais ainda a propagação de informação e contribuem para que sistemas de monitoramento se tornem ainda mais efetivos.

3 Justificativa

3.1 Modelo de saúde suplementar utilizado

Atualmente, milhões de pessoas estão sob cuidados de equipes de saúde. Esses pacientes precisam ser avaliados e possuem quadros clínicos diferentes, necessitando de medicamentos e prescrições conforme tratamento indicado. Segundo [YANG et al. \(2014\)](#), o envelhecimento das pessoas e o crescimento de doenças crônicas têm gerado grandes preocupações. Muitos hospitais pelo mundo sofrem com a superlotação nos serviços de emergência, pacientes que precisam de atendimento especializado se encontram, muitas vezes, em macas pelos corredores, levando até mesmo mais de 1 hora para serem atendidos ([BITTENCOURT; HORTALE, 2009](#)). Ainda segundo [BITTENCOURT; HORTALE \(2009\)](#), o aumento do tempo de espera é o principal indicador de superlotação, também, a falta de leitos para internação e o atraso no diagnóstico. Esses problemas, muitas das vezes, estão longe de serem resolvido por políticas de saúde.

Segundo [SANTOS; SANTO \(2014\)](#) há uma saturação no limite operacional dentro dos Serviços de Emergência Hospitalar (SEH). Isto porquê a demanda por leitos ultrapassa 100% do previsto, não há o devido atendimento e, ainda, equipes de médicos e enfermeiros que estão nos limites de suas cargas horárias. Essas questões estão relacionadas com a falta de atenção mínima que existe sobre esse sistema, que carece de planejamento, fiscalização e principalmente seu gerenciamento. Atualmente no Brasil, há a presença de todos esses fatores e, não obstante, há falta de profissionais, treinamento, investimento, levando à insegurança dos profissionais sobre o seu local de trabalho ([SANTOS; SANTO, 2014](#)).

A fim de solucionar tais questões, propostas são levantadas e discutidas a todo instante na busca de soluções plausíveis. Problemas como: leitos insuficientes, falta de profissionais, carga horária elevadas e, ainda, a não adequação de serviços hospitalares por parte dos SEH, podem ser reduzidos utilizando a tecnologia. Serviços como atendimento domiciliar e monitoramento remoto já são realidade e visam uma nova forma de atender pacientes que possuem problemas que demandam uma maior atenção ([YANG et al., 2014](#)). Também, há uma preocupação quanto a medicação dos pacientes. A maioria dos pacientes precisam seguir o tratamento de forma correta e no tempo determinado. Com a tecnologia, há possibilidade de administrar e protocolar tais eventos para que não haja nenhum tipo de atraso quanto ao tratamento necessário ([KEERTHANA et al., 2017](#)).

3.2 Atendimento domiciliar e Monitoramento remoto

Boas práticas de atendimento domiciliar e o monitoramento são de extrema importância para o sistema de saúde que oferece esse serviço atualmente. No monitoramento de pacientes, há dois fatores que devem ser seguidos: o primeiro está relacionado com a questão de análise em tempo real, e o segundo está relacionado à resposta do paciente ao tratamento de acordo com as prescrições médicas estabelecidas (YANG et al., 2014). Estes fatores podem ser seguidos pela aplicação da tecnologia realizando medidas dos sinais fisiológicos de pacientes, ou seja, utilizando um sistema de sensores acoplados ao paciente, que se adequam ao seu estado e, ao mesmo tempo, fazendo aquisição e análise de seus sinais vitais, bem como a parte fisiológica, sistema respiratório, sistema cardíaco e temperatura corpórea, é possível estabelecer conexões com um profissional da saúde conforme as respostas obtidas através dessas medidas.

Essas estratégias visam uma redução na demanda por atendimento em hospitais, bem como, a redução do período de permanência de pacientes hospitalizados (GIACOMOZZI; LACERDA, 2006). Ainda, de acordo com GIACOMOZZI; LACERDA (2006) a mudança altera o estilo de vida do paciente, assim como seus hábitos, na busca por uma melhor qualidade de vida, reduz também os custos quanto ao tratamento e minimiza os riscos de infecção, que são comumente relacionados ao ambiente em que o paciente está presente.

De acordo com a figura 3 é possível identificar o funcionamento do sistema de monitoramento remoto. Segundo YANG et al. 2014, um sistema baseado na adaptação de sensores acoplados ao paciente, juntamente de um dispositivo principal ligado à uma rede de Internet, e o envio desses sinais processados para um hospital ou profissional no geral, mostra o grau de complexidade que é reunir informações e analisá-las. Esta mesma base, constituída por profissionais da saúde, onde os mesmos analisam e avaliam quadros clínicos referente a cada paciente, torna o sistema efetivo, independente e personalizado para cada paciente com seu tipo específico de tratamento, melhorando significativamente a forma como a atenção é dada (YANG et al., 2014).

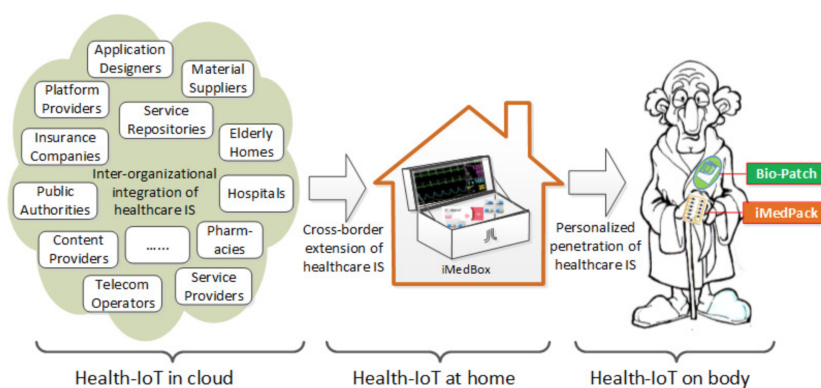


Figura 3 – Sistema de monitoramento remoto, (YANG et al., 2014)

4 Proposta do Sistema

A proposta do projeto baseia-se na criação de um sistema que consiste na integração entre um servidor e o envio dados com toda informação inerentes ao processo de acompanhamento do paciente, por exemplo, dados antropométricos, pessoais, fisiológicos etc. Abaixo é possível identificar seu funcionamento pleno através de duas perspectivas. A primeira perspectiva está relacionada com a visão macro do sistema, a figura 4 apresenta o paciente com o equipamento, sendo monitorado em sua residência, de tal forma que os dados são enviados para a nuvem.

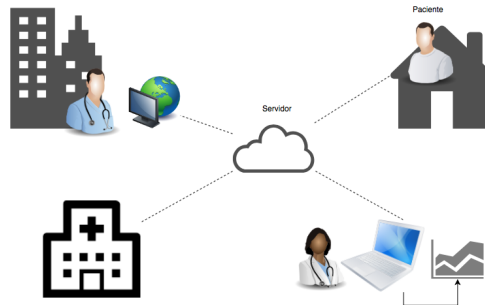


Figura 4 – Visão macro do sistema

Essa ideia compreende bem a inovação tecnológica que a Internet das coisas traz para esta aplicação. Também, é possível visualizar que tanto o hospital, profissional da saúde local e até mesmo médicos especializados em outras localidades estão aptos a realizarem diagnósticos do paciente à distância. Minimizando assim o grau de exposição do paciente à ambientes hospitalares, reduzindo gastos com leitos em hospitais e havendo enfermeiros e médicos em prontidão para agir imediatamente caso necessário.

Para teste funcional do sistema de monitorização será utilizado um sistema de oxigenoterapia figura 17. Esta prática está relacionada com a fração inspirada de O_2 (FIO_2) o qual foi proposto Póvoa (POVOA, 2015).

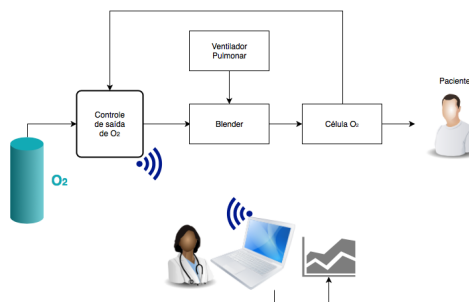


Figura 5 – Sistema de Controle em funcionamento

5 Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado na Universidade de Brasília, campus Gama e sua realização se deu na área de monitoramento de pacientes remoto utilizando técnicas IoT. A fim de analisar os resultados do trabalho, a variável trabalhada está relacionada com a prática da oxigenoterapia. O mesmo se dividiu em duas áreas para uma melhor compreensão e implementação, sendo elas *hardware* e *software*.

5.1 Sistema de Monitorização de Pacientes

Como visto anteriormente, a parte de *hardware* é toda parte física do sistema. Esta área consiste em todo desenvolvimento do protótipo, tais como as impressões 3D das peças, microcontrolador, motor DC, ponte H, medidor de fluxo, célula de O₂ e tubos acoplados para junção do sistema. Lembrando que todos os esquemáticos, tanto da parte física, quanto da parte eletrônica do sistema se encontram no apêndice deste documento.

5.2 *Hardware*

Microcontrolador

O microcontrolador utilizado é o NodeMCU, conhecido também como ESP8266, é um microcontrolador que trabalha com dispositivos ligados à Internet das coisas, pois possui tecnologia Wi-Fi integrada seguindo protocolos de comunicação padronizados. Sendo suas principais características:

- 80MHz de processamento
- Resolução de 8 bits
- 13 portas de Comunicação via GPIO
- Linguagem C/lua
- Tensão de operação 3.3V - Baixo consumo de energia
- Dimensões: 4.8x2.5cm
- Placa de rede Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Conversor AD de 8 bits

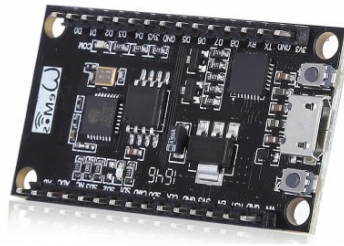


Figura 6 – Placa NodeMCU (microcontrolador)

Motor DC

A função do motor DC é controlar a abertura da válvula interna do fluxômetro. O giro do motor estabelece a quantidade de fluxo de O_2 que entra no sistema, assim, auxiliando na mistura para a monitorização da FIO_2 , Sendo suas principais características:

- Tensão de operação 5V - 12V
- Taxa de redução 1/64

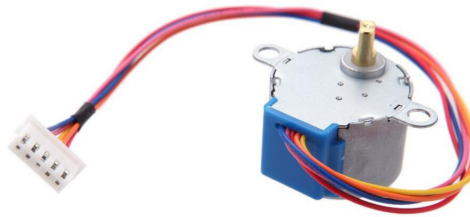


Figura 7 – Motor DC 28BYJ-48

Ponte H

A função da Ponte H é aumentar a potência com que o sinal do microcontrolador é enviado para o motor. Como o microcontrolador opera em nível DC com baixa tensão (3.3V), e o motor opera em nível DC a partir de 5V, a ponte H aumenta a amplitude do sinal para variar seu eixo, girando no sentido horário ou anti-horário. Considerando a alimentação do microcontrolador de nível DC em 5V é possível a utilização do motor sem fonte externa.

- Tensão de operação 5V - 12V
- Taxa de redução 1/64
- Torque $> 35.3 \text{ mN.m}(120\text{Hz})$

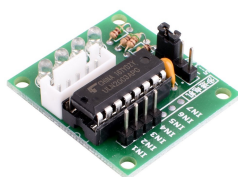


Figura 8 – Ponte H - ULN20

Célula de O₂

A função da célula é medir a concentração de O₂ que se desloca através dela. Quando há uma variação na taxa de O₂ ocorre uma diferença de potencial, com esta variação é possível converter o nível medido em tensão, e assim é possível calcular a taxa de variação através da tensão elétrica medida e desta forma enviada ao sistema como um sinal.

Figura 9 – Célula de O₂ - DRAGER 6850645

Medidor de fluxo analógico

A função do medidor de fluxo, também conhecido como fluxômetro, é auxiliar na medição da quantidade de O₂ que entra no sistema, sua medida é dada em Litro por segundo [L/s]. Também, há um orifício em sua estrutura que permite o acoplamento do motor DC a fim de regular a abertura da válvula interna.



Figura 10 – Medir de fluxo analógico

5.3 Software

A parte de *software* irá abordar todo processamento do sistema proposto. Desde a rotina de programação do microcontrolador até a parte de apresentação gráfica na nuvem dos resultados. Para que isso fosse possível alguns programas e linguagens de programação foram utilizadas, tais como o MAMP, MYSQL, PhpStorm, e a própria IDE do arduino para programar o microcontrolador.

Desta forma, para um melhor entendimento, a explicação dessa seção se divide em duas etapas, a programação do *hardware* e a programação *Web*.

Programação do *Hardware*

O NODEMCU possui muitas bibliotecas implementadas, o dispositivo opera tanto em modo cliente (onde o mesmo se conecta à rede de internet), quanto em modo servidor (onde outros dispositivos se conectam ao dispositivo). Tendo isso como ferramenta para auxiliar na elaboração de sua programação, três rotinas foram pré-programadas para enviar e receber requisições da web.

A primeira rotina baseia-se no seu modo de operação, onde o mesmo estará conectado à uma rede de internet e terá seu IP definido para envio de informações ao servidor, esta rotina é responsável por estabelecer a conexão Wi-Fi e fazer a ponte entre o servidor e o envio de informação da porta analógica do microcontrolador.

A segunda rotina está relacionada com a informação enviada ao motor DC, o qual o mesmo gira em dois sentidos. Esta mesma requisição é recebida através da *Web* e convertida em dados para acionar o motor. Através desta rotina, é possível controlar o motor.

A terceira rotina é atribuída à célula de O_2 , neste caso, ela é responsável por enviar todo dado recebido pela porta analógica. A ideia na separação dessas três rotinas é demonstrar que há a presença de uma hierarquia no funcionamento do sistema. Tendo como base a conexão com o servidor, envio e recebimento de dados. Desta forma, caso haja quaisquer erros em uma requisição específica, é possível identificar de antemão.

Após as rotinas entrarem em funcionamento, todas as medidas recebidas são enviadas para o servidor que é o responsável por separar cada dado e apresentar somente o necessário. Lembrando que toda programação se encontra no apêndice desse documento.

Programação na *Web*

Com a programação do *hardware* em execução a programação *Web* começa a operar. Nesta etapa foi utilizado o MAMP, o qual é um conjunto de programas que configura um computador para desenvolver sites dinâmicos sobre sistemas operacionais. O sistema

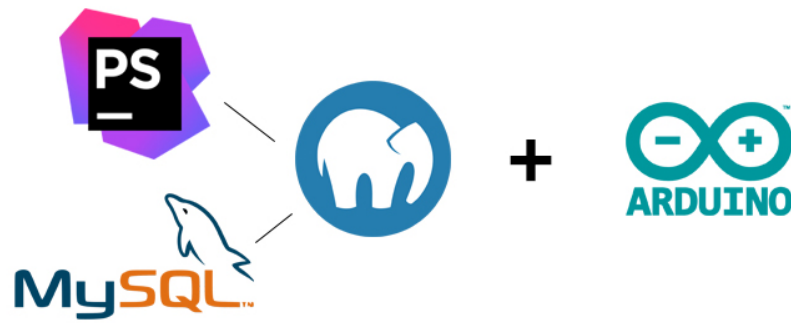


Figura 11 – Programas utilizadas

operacional utilizado é o MAC OS X. Através desse programa é possível alocar espaço para o banco de dados que irá receber os dados, juntamente do site a ser desenvolvido.

Após o servidor ser configurado, três linguagens *Web* são necessárias para interpretar, salvar e apresentar os dados, sendo elas: *php*, *HTML* e *JavaScript*. Através do programa *PhpStorm* é possível programar utilizando todas ao mesmo tempo e assim facilitando na leitura dos sinais obtidos. Também, com o auxílio do *Google Chart* e *MD-Bootstrap* foi possível escolher o gráfico que melhor descreve os sinais recebidos.



Figura 12 – Aplicações utilizados

A escolha dos programas foram todas baseadas na facilidade, desempenho e principalmente a vasta comunidade que é bastante presente em redes sociais, fóruns e na Internet no geral. A seguir é possível visualizar um teste feito utilizando tanto a programação de *hardware*, quanto de *software*.

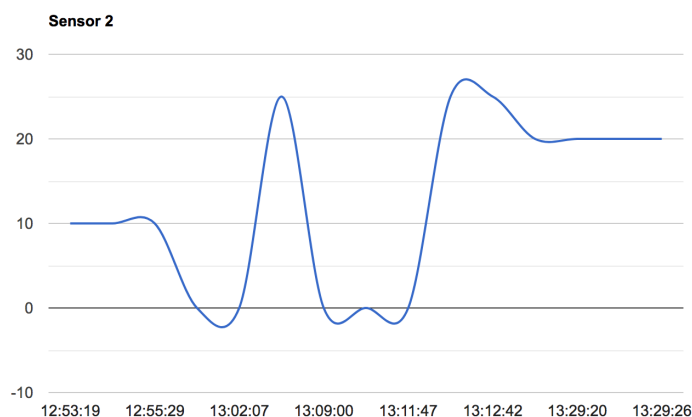


Figura 13 – Teste realizado com NODEMCU

6 Resultados e Discussões

6.1 Implementação do sistema de Oxigenoterapia

O dispositivo utilizado é proveniente da dissertação do aluno Péricles Augustus Barbosa Póvoa do programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica o qual aborda a temática na área de Mensuração da Fração Inspirada de Oxigênio (FIO_2) em Blendagem de Oxigênio como pode ser visto na figura 14 (POVOA, 2015). Com seu funcionamento, a proposta é modificar o sistema utilizando o microcontrolador anteriormente mencionado, juntamente da melhoria no encapsulamento e sua alimentação.

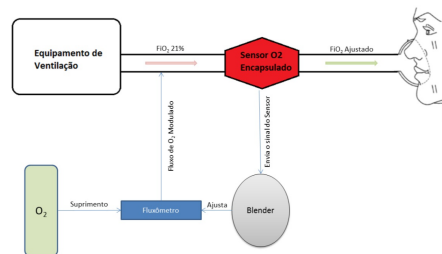


Figura 14 – Funcionamento do dispositivo (POVOA, 2015)

O sistema como pode ser visto na figura 14, foi implementado utilizando impressões 3D de peças e embarcado para ser unificado em um único equipamento. A seguir na figura 15 é possível identificar suas partes e o local dos dispositivos mencionados anteriormente. Sendo assim, o protótipo final e funcional do sistema de monitoramento remoto para a prática de oxigenoterapia com a utilização de blendagem.

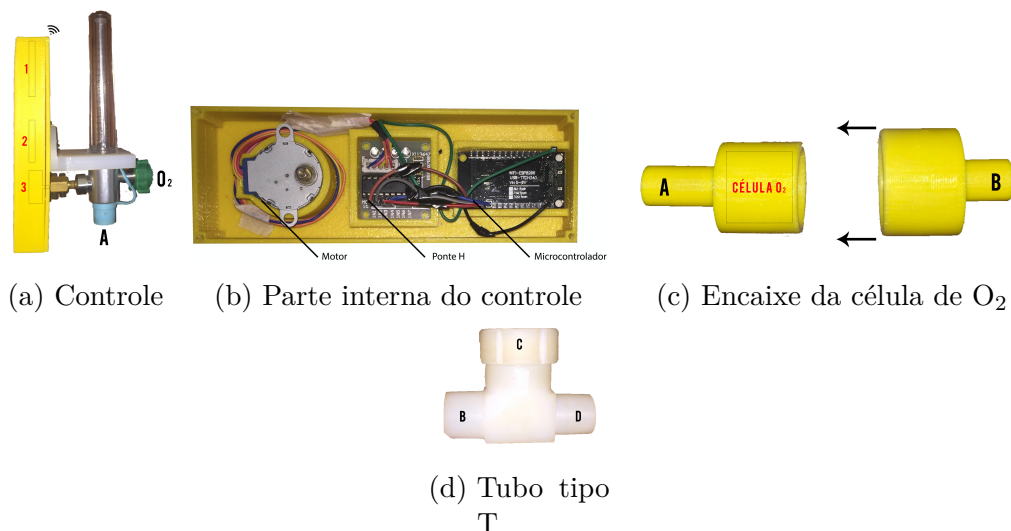


Figura 15 – Partes do sistema

A figura 15a apresenta a parte de controle de todo o sistema. Nela é possível identificar o local do microcontrolador (1), a ponte H que controla o motor (2) e o motor DC acoplado à estrutura (2) que movimenta a válvula interna a fim de abrir ou fechar a passagem de O_2 (A).

A figura 15c apresenta o local da Célula de O_2 , isto porquê a célula deve ficar entre a saída A e a entrada B do tubo tipo T 15d. Também, desta forma é possível a modularização, ou seja, com a Célula de O_2 livre, a mesma pode ser fixada no início ou no final a fim de realização de testes.

A figura 15d apresenta o tubo tipo T que tem a função de blendagem, ou seja, é no tubo que são feitas as misturas de ar e oxigênio, o qual será respirado pelo paciente. Onde a entrada B é conectada a célula de O_2 , a entrada C o ventilador de ar é acoplado juntamente de um tubo e assim a saída D vai direto para o paciente com problema respiratório.

O sistema final está baseado na integração de tubos, célula de oxigênio e a parte de controle. Para melhor explanação, a figura 17 é possível entender o processo como um todo, juntamente de seu utilizador, o paciente.

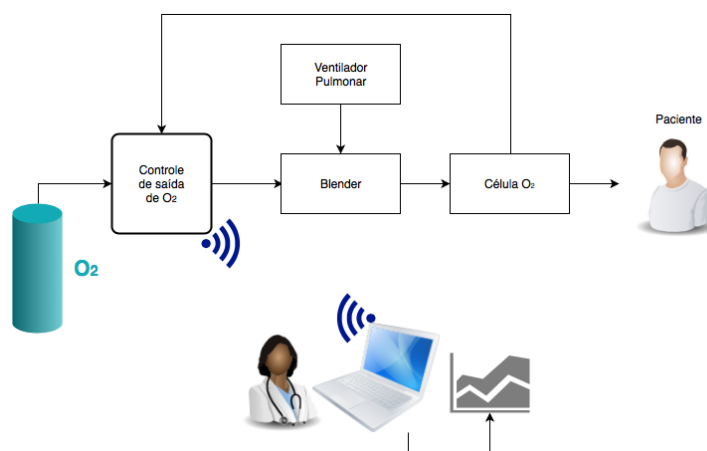


Figura 16 – Sistema de Controle em funcionamento

Com o suprimento de Oxigênio regulado pelo profissional da saúde, juntamente da análise da concentração do gás que está saindo, é possível aumentar ou diminuir seu fluxo. Desta forma, todo controle é feito a partir da *WEB* sem a necessidade de modificar códigos internos. Os dados além de serem salvos em um banco de dados na nuvem, mantém as informações seguras para uso futuro.

O projeto do sistema de oxigenoterapia aplicado à Internet das coisas desde sua concepção até sua solidez foi bastante desafiador. Alguns empecilhos entraram no caminho, como a obtenção de uma célula de Oxigênio nova ou até mesmo a utilização de uma célula viciada. No entanto, após alguns testes observou-se que o sistema é capaz de ter pleno funcionamento durante as requisições de dados e envio para a nuvem.

Um dos testes realizados foi condicionado a uma função *coseno* com variação entre 1 e -1 de amplitude e com atualização da página *Web* a cada 60 segundos. Após alguns minutos de requisição em tempo real, foi possível obter o seguinte gráfico enviado para a rede de Internet.

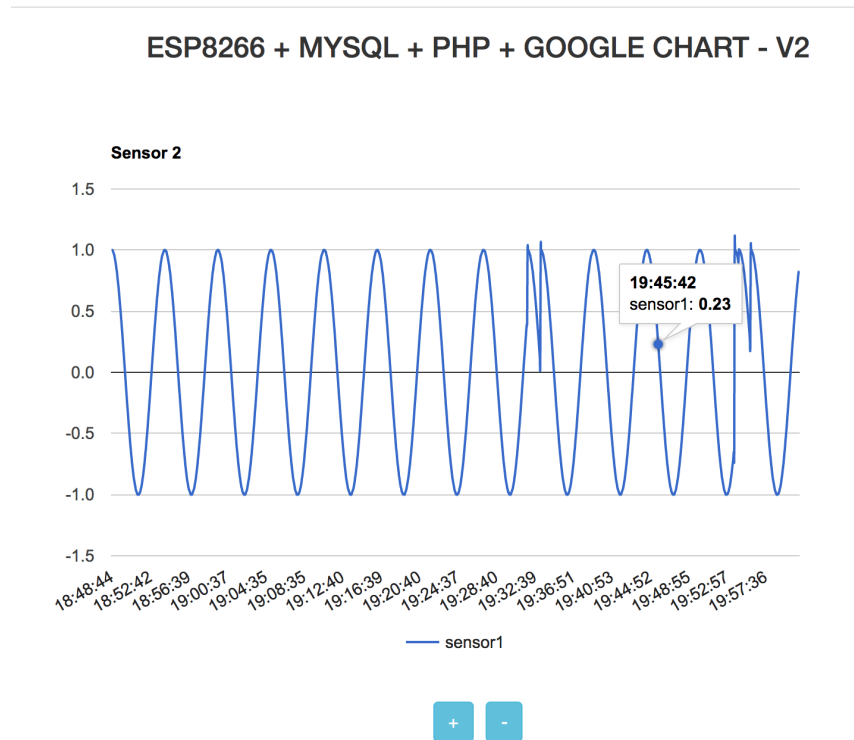


Figura 17 – Teste realizado

Também, os botões apresentados na figura estão relacionados com o giro do motor, tanto no sentido horário (+), o qual tem a opção de abertura da válvula ou no sentido anti-horário (-), que tem a opção de fechamento da válvula.

A resposta do servidor foi bastante efetiva, isto porquê como a taxa de amostragem do sinal está baseado a 1 amostra por segundo, após 60 segundos o servidor atualiza todas as informações e consequentemente os resultados são apresentados. A fim de avaliar os dados enviados quanto à sua integridade em informação, foi verificado tanto no monitor serial do microcontrolador, quanto no servidor, assim comparando os sinais recebidos e enviados.

Também, para conferir a confiabilidade do sinal, alguns testes realizados basearam-se na desconexão do sistema. Todo sistema microcontrolado possui medidas influenciadas pela inércia causada pelo próprio *buffer* do sistema. Assim, como indicado na figura 17, é possível observar algumas pausas no gráfico. Esse período representa a desconexão, desta forma, o gráfico não atualiza enquanto o sistema está fora de operação, não causando qualquer má interpretação nos dados.

É importante ressaltar que as requisições dos sinais obtidos pelo servidor e guardados em seu banco de dados estão diretamente associados com o identificador do microcontrolador. Quando trabalha-se com envio de dados, é importante verificar a fonte dessa informação, neste caso, o dispositivo possui um número de série único, também chamado de *MAC ADDRESS*, seu endereço *MAC* associado ao seu módulo WI-FI. Assim, ao receber a requisição, o servidor confere se o sinal recebido está sendo enviado pelo dispositivo antes cadastrado no sistema.

O sistema de monitorização de paciente tem como intuito aumentar o grau de liberdade das variáveis que são medidas conforme necessário para cada paciente. Seja a medição da frequência de respiração, batimentos cardíacos ou temperatura corporal por exemplo. A fim de aumentar e apresentar essas respostas, acrescentou-se ao sistema duas variáveis testes para serem enviadas também ao servidor e assim identificar se o sistema proposto suporta esta adição. Como previsto, é possível além de acrescentar mais medidas ao sistema, também, salva-las no servidor de forma manter os dados guardados para criação de um histórico e respectivas análises em função do período de tempo.

7 Conclusão

A Internet das coisas é uma área que tem crescido com o passar dos anos e ganhando o mercado mundial. Com esta nova fase da tecnologia é possível identificar que há um caminho longo a ser trilhado em relação às suas aplicações no meio social, de comunicação, transporte e saúde.

O equipamento construído relaciona todas as etapas de um sistema E2E e tem por finalidade abordar a temática IoT com aplicações específicas. A prática de oxigenoterapia tem mudado a forma como pacientes que possuem deficiência no sistema respiratório se tratam. Utilizando conhecimentos na área de microcontroladores, análises de sinais e sistemas, foi possível a construção de um equipamento que auxilie os pacientes a obterem respostas mais rápidas e consequentemente sem a necessidade de um investimento alto ou de difícil acesso.

Também, foi possível a elaboração de um sistema independente e portátil, o qual com o auxílio de uma rede de Internet é possível enviar informações importantes para que profissionais da saúde possam ter acesso e desta forma tomar decisões. É importante salientar que com o passar do tempo o grau de dificuldade para realização de tal tarefa vai diminuindo. Aplicações são lançadas tornando mais próximo da comunidade e assim despertando novos interesses e ideias.

Portanto, conforme apresentado nas análises de resultados, é possível identificar o sucesso da construção e implementação do dispositivo para melhoria na medição de Fração de Oxigênio Inspirada ((FIO_2)). Mostrando assim que há muitas aplicações as quais podem ser acrescentadas no sistema e, também, melhorando a forma com que os sinais e medidas são apresentados sem a necessidade de um deslocamento contínuo por parte do profissional da saúde.

Para trabalhos futuros, e com o advento de novas tecnologias, sistemas mais robustos podem ser implementados. O próximo passo a ser dado está relacionado com o grau de liberdade que o microcontrolador pode ter em relação a quantidade de sinais que o mesmo pode processar. Também, a aplicação de um sistema de controle, onde o mesmo faz medições de diversos sinais ao mesmo tempo e entrega relatórios, gráficos e tabelas com baixos índices de incertezas. Melhorado assim a qualidade de vida de pacientes, e até mesmo o trabalho dos profissionais da saúde.

Referências

- ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 16.
- ASSOCIATION, O. S. H. et al. Open source hardware (oshw) statement of principles 1.0. URL: <http://www.oshwa.org/definition>, 2016. Citado na página 18.
- BASSI, A. et al. *Enabling things to talk*. [S.l.]: Springer, 2016. Citado na página 17.
- BITTENCOURT, R. J.; HORTALE, V. A. Intervenções para solucionar a superlotação nos serviços de emergência hospitalar: uma revisão sistemática. *Cadernos de Saúde Pública*, SciELO Public Health, v. 25, n. 7, p. 1439–1454, 2009. Citado na página 23.
- BRITO, R. L. D. L. Potencial da internet das coisas na saúde, educação e segurança pública no brasil. 2017. Citado na página 22.
- EVANS, D. A internet das coisas: como a próxima evolução da internet está mudando tudo. *CISCO IBSG*, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 13, 16 e 17.
- GARTNET. Top trends in the gartnet hype cycle for rmerging technologies. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 17.
- GIACOMOZZI, C. M.; LACERDA, M. R. A prática da assistência domiciliar dos profissionais da estratégia de saúde da família. *Texto contexto enferm*, SciELO Brasil, v. 15, n. 4, p. 645–53, 2006. Citado na página 24.
- KEERTHANA, K. et al. Secured smart healthcare monitoring system based on iot. 2017. Citado 3 vezes nas páginas 13, 14 e 23.
- MANCINI, M. Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios. SciELO Brasil, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 13, 16 e 17.
- PANG, Z. et al. Design of a terminal solution for integration of in-home health care devices and services towards the internet-of-things. *Enterprise Information Systems*, Taylor & Francis, v. 9, n. 1, p. 86–116, 2015. Citado na página 15.
- POVOA, P. A. B. Mensuração da fração inspirada de oxigenio e blendagem de oxigenio utilizando microcontrolador atmega328. *Dissertação em Engenharia Biomedica - Universidade de Brasília*, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 8, 25 e 31.
- RABELLO, N. d. A.; LEDER, S. M.; SILVA, L. B. d. The relation between low frequency non-ionizing radiation and the vertical urban morphology. *ceset. conforto, eficiencia e seguranca no trabalho*. v. 5, p. 5–14, 2018. Citado na página 15.
- RIBEIRO, Á. B. Estudo de internet das coisas e suas tecnologias. *Salão do Conhecimento*, v. 2, n. 2, 2016. Citado na página 19.
- ROSA, L. d. S. P. et al. Aplicações do 5g em internet das coisas (iot). 2017. Citado na página 19.

- ROSA, R. P. da. Dispositivos iot aplicáveis à agricultura intensiva e os resultados já alcançados. *Datacenter: projeto, operação e serviços-Unisul Virtual*, 2017. Citado na página 21.
- SANTOS, C. A. S.; SANTO, E. E. Análise das causas e consequências da superlotação dos serviços de emergências hospitalares: uma revisão bibliográfica. *Revista Saúde e Desenvolvimento*, v. 5, n. 3, p. 31–44, 2014. Citado na página 23.
- SILVA, A. M. da et al. Criatividade e inovação: Internet das coisas (iot–internet of things). *Revista Expressão*, n. 09, p. 20–Páginas, 2016. Citado na página 21.
- SINGER, T. Tudo conectado: conceitos e representações da internet das coisas. *Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade*, v. 2, p. 1–15, 2012. Citado na página 17.
- SOMMERVILLE, I. *Software engineering*. [S.l.]: New York: Addison-Wesley, 2010. Citado na página 18.
- TAIVALSAARI, A.; MIKKONEN, T. On the development of iot systems. In: IEEE. *Fog and Mobile Edge Computing (FMEC), 2018 Third International Conference on*. [S.l.], 2018. p. 13–19. Citado 4 vezes nas páginas 8, 18, 19 e 20.
- WEISER, M. The computer for the 21 st century. *Scientific american*, JSTOR, v. 265, n. 3, p. 94–105, 1991. Citado na página 16.
- YANG, G. et al. A health-iot platform based on the integration of intelligent packaging, unobtrusive bio-sensor, and intelligent medicine box. *IEEE transactions on industrial informatics*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 2180–2191, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 8, 14, 23 e 24.
- ZHANG, Z.-K. et al. Iot security: ongoing challenges and research opportunities. In: IEEE. *Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2014 IEEE 7th International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 230–234. Citado na página 14.

Apêndices

APÊNDICE A – Programação de *Hardware*

```

nodeMCU_MySQL §
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <Stepper.h>
3
4 const char* ssid = "VIVO-6658";
5 const char* password = "33D7296658";
6
7 const char* host = "192.168.15.3";
8
9 double celulaOxigenio, sensor;
10 String ID;
11
12 const int stepsPerRevolution = 500;
13 int n = 5;
14
15 Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 16,4,5,0);
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600);
19   Serial.println(WiFi.macAddress());
20   myStepper.setSpeed(60);
21   delay(10);
22
23   sensor=0;
24
25   // We start by connecting to a WiFi network
26
27   Serial.println();
28   Serial.println();
29   Serial.print("Conectando com ");
30   Serial.println(ssid);
31
32   WiFi.begin(ssid, password);
33
34   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
35     delay(500);
36     Serial.print(".");
37   }
38
39   Serial.println("");
40   Serial.println("WiFi conectado");
41   Serial.println("Endereco IP: ");
42   Serial.println(WiFi.localIP());
43 }
44
45 void loop() {
46   //-----//
47   // ESPAÇO RESERVADO PARA LEITURA DO SENSOR //
48   //-----//
49
50   Serial.flush();
51   //Serial.println(sin(sensor1));
52   celulaOxigenio = cos(sensor);
53   sensor += .05;
54
55
56   if(celulaOxigenio >= 2*3.14)
57     celulaOxigenio = 0;
58
59   ID = WiFi.macAddress();
60
61   //-----//
62
63   Serial.print("connectando com ");
64   Serial.println(host);
65
66   // Use WiFiClient class to create TCP connections
67   WiFiClient client;
68   const int httpPort = 8888;
69   if (!client.connect(host, httpPort)) {
70     // Serial.println("Falha na conexao");
71     return;
72   }
73
74
75   // CRIANDO A REQUISIÇÃO COM O CLIENTE
76   String url = "/nodemcu/salvar.php?";
77   url += "sensor1=";
78   url += celulaOxigenio;
79   url += "&idDispositivo=";
80   url += ID;
81
82   Serial.print("Requisitando URL: ");
83   Serial.println(url);
84
85   // CRIANDO REQUISIÇÃO COM O SERVIDOR
86   client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
87     "Host: " + host + "\r\n" +
88     "Connection: close\r\n\r\n");
89   unsigned long timeout = millis();
90   while (client.available() == 0) {
91     if (millis() - timeout > 5000) {
92       Serial.println(">>> Client Timeout !");
93       client.stop();
94       return;
95     }
96   }
97   // LER TODAS AS INFORMAÇÕES E AS APRESENTA NO MONITOR
98   while(client.available()){
99     String line = client.readStringUntil('\r');
100     Serial.println(line);
101     Serial.println(WiFi.macAddress());
102     Serial.println();
103     Serial.println();
104     Serial.println();
105
106     // RECEBE A REQUISIÇÃO PARA GIRAR O MOTOR
107
108     if (line.indexOf("/MOTOR=1") != -1) {
109       myStepper.step(1024);
110     }
111
112     if (line.indexOf("/MOTOR=-1") != -1) {
113       myStepper.step(1024);
114     }
115
116     // APRESNETA A RESPOSTA DO SERVIDOR
117
118     if(line.indexOf("salvo_com_sucesso") != -1){
119       Serial.println();
120       Serial.println("Salvo com sucesso");
121     }else if(line.indexOf("erro_ao_salvar") != -1){
122       Serial.println("Ocorreu um erro");
123     }
124
125   }
126
127   Serial.println();
128   Serial.println("Fechando conexao");
129
130   delay(1000);
131
132 }
133

```


APÊNDICE B – Parte eletrônica

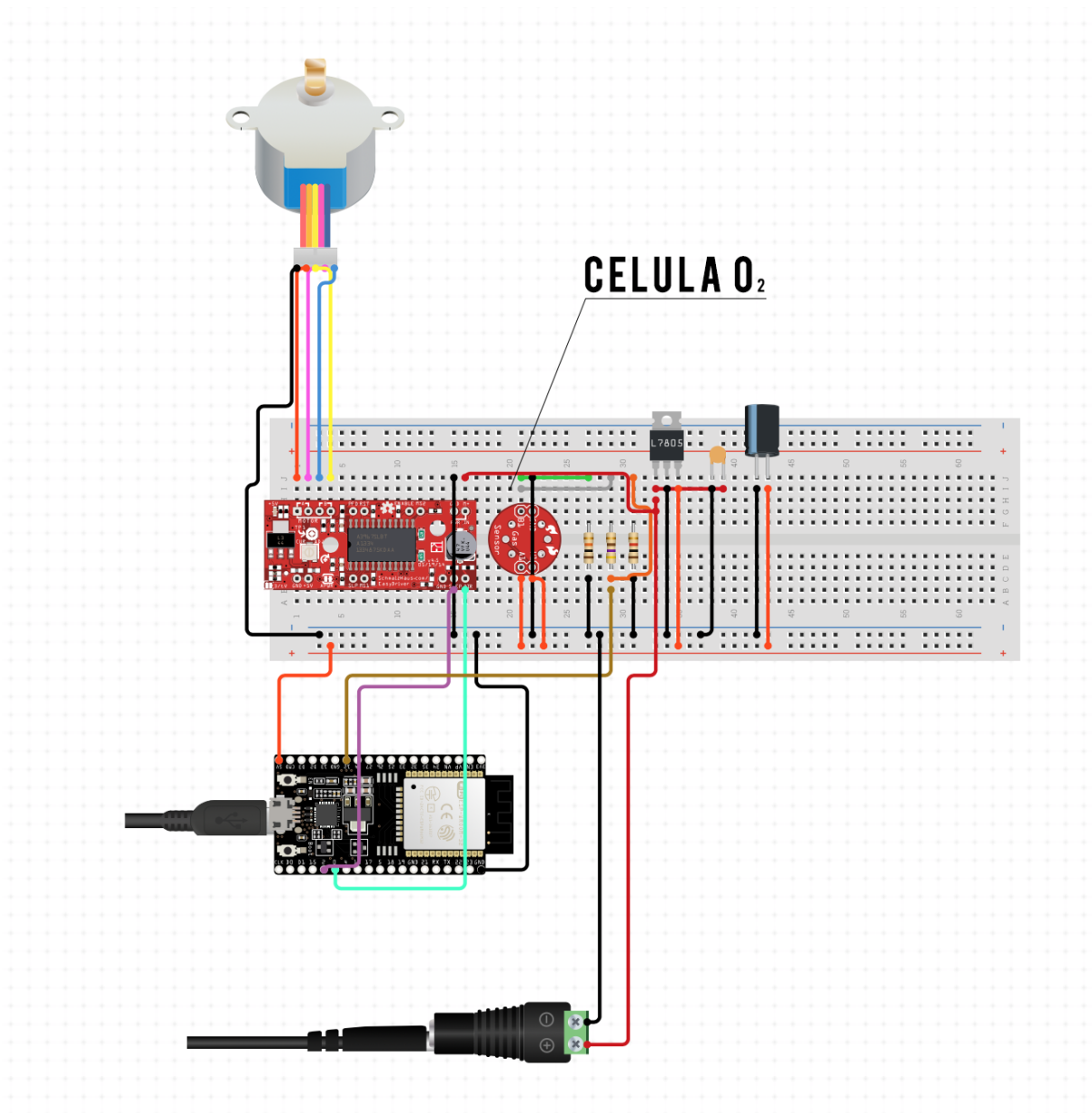
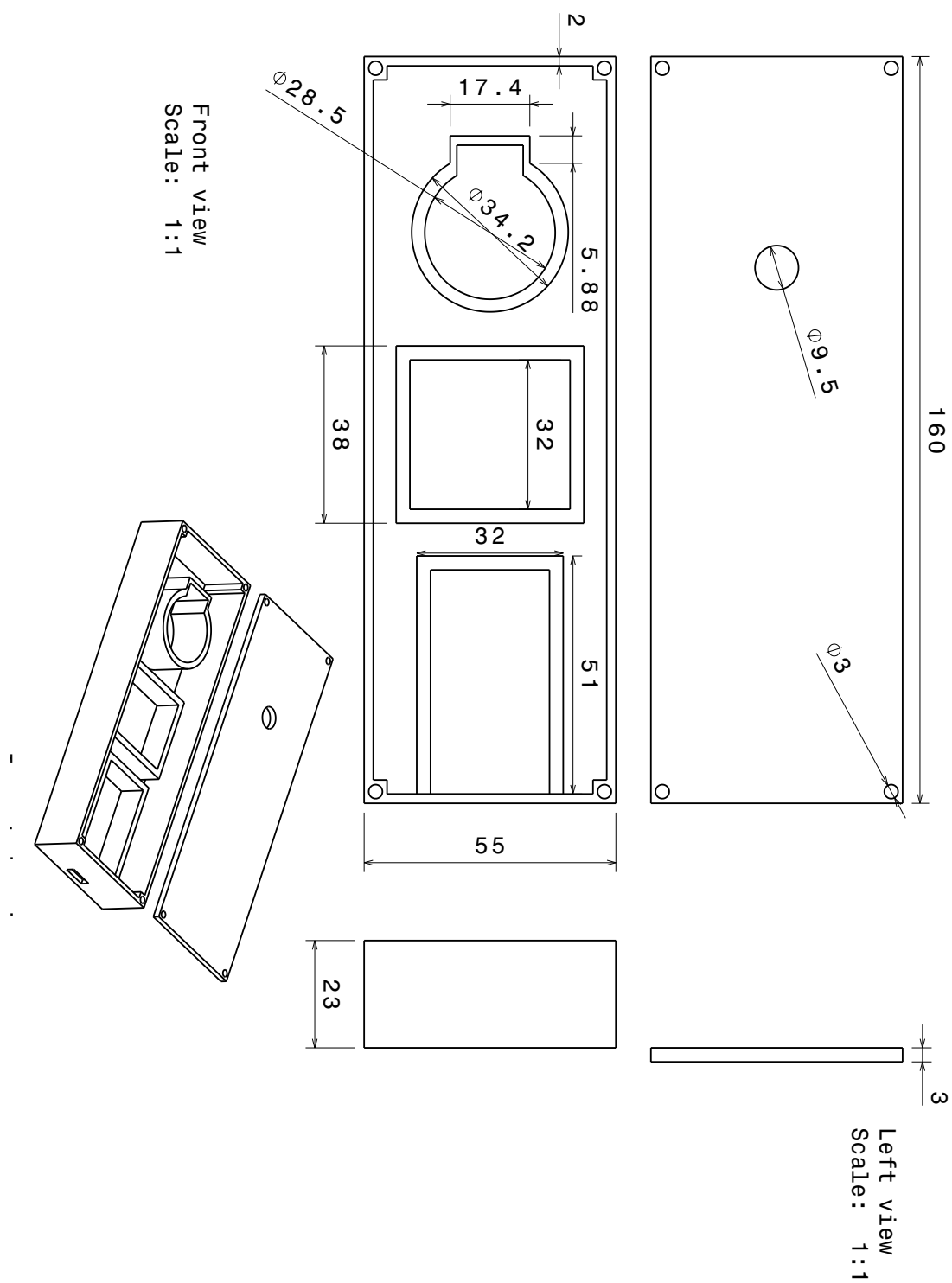
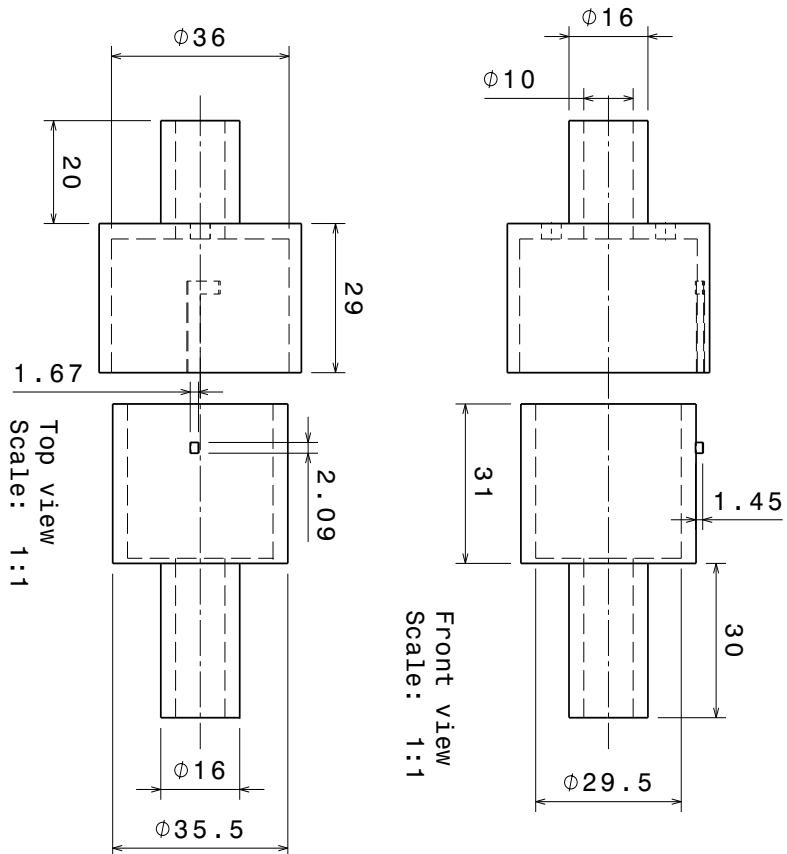


Figura 18 – Esquemático da parte eletrônica

APÊNDICE C – Desenho técnico da estrutura





Left view
Scale: 1:1

Isometric view
Scale: 1:1

